

Variação ecomorfológica em populações de *Astyanax* aff. *paranae* Eigenmann, 1914, na bacia do alto Rio Paraná

Fagner de Souza^{1,2*}, Lino Abdelnour Zuanon^{2,5}, Augusto Frota^{2,5}, Luiz Fernando Pesenti Junior^{2,3}, Hugmar Pains da Silva^{2,4}

1. Doutorando em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Brasil.

2. Coleção Ictiológica do Núcleo de Pesquisas em Limnologia Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. Endereço: Av. Colombo 5790, CEP 87020-900.

3. Mestrando em Biologia das Interações Orgânicas, Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Brasil.

4. Doutorando em Biologia das Interações Orgânicas, Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Brasil.

5. Graduando em Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

*Autor para correspondência para correspondência: gnaofagner@hotmail.com

RESUMO: *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914 é um pequeno caracídeo conhecido como lambari-do-rabo-vermelho, ocorrendo em vários rios das sub-bacias do alto rio Paraná. Tendo em vista que as características ambientais como disponibilidade de recursos, diversidade de habitats entre outras podem selecionar atributos específicos possibilitando diferenciações morfológicas, testamos a hipótese de que ambientes diferentes podem influenciar características ecomorfológicas distintas entre as populações. Analisamos a ecomorfologia de *Astyanax* aff. *paranae* oriundos de três córregos localizados no município de Apucarana pertencentes a diferentes bacias hidrográficas: córregos Jurema (bacia do rio Pirapó), Biguaçu (bacia do rio Ivaí) e Japira (bacia do rio Tibagi). Para testar as diferenças foram utilizados 15 exemplares de *A. aff. paranae* de cada população, sendo tomadas 26 medidas morfométricas e calculadas seis áreas, de maneira que foram calculados 22 índices ecomorfológicos. Para evidenciar diferenças ecomorfológicas entre os espécimes foram realizados Análises de Variáveis Canônicas (AVC) e um teste “post hoc” de comparações pareadas de Hotelling. Na análise de comparações pareadas entre as populações de *A. aff. paranae* nos córregos amostrados, o córrego Japira apresentou diferenças estatísticas significantes em relação ao córrego Biguaçu. As diferenças ecomorfológicas entre as populações do córrego Biguaçu e as dos córregos Jurema e Japira podem estar relacionadas com as características biogeográficas de cada bacia. Além disso, as particularidades de cada ambiente, como as interações bióticas e abióticas provida pela qualidade ambiental nos córregos Jurema e Japira podem ser influências, mesmo que de maneira discreta, frente às peculiaridades ecológicas de cada organismo.

Palavras-chave: córregos, rio Ivaí, rio Paranapanema, isolamento geográfico, qualidade ambiental.

Ecomorphological variation in *Astyanax* aff. *paranae* Eigenmann, 1914, populations in the Upper Paraná River Basin

ABSTRACT: *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914 is a small characid known as lambari-do-rabo-vermelho that occurs in several rivers of Upper Paraná River Basin. Considering that environmental characteristics as resource availability, habitat diversity and many others may select specific attributes enabling morphological differentiation, we tested the hypothesis that different environments may influence distinct ecomorphological characteristics between populations. We analyzed *Astyanax* aff. *paranae* belonging to three streams from different basins in the Apucarana city: Jurema (Pirapo river basin), Biguaçu (Ivaí river basin) and Japira (Tibagi river basin) streams. To test the ecomorphological difference we used 15 individuals of *A. aff. paranae* of each population, to take 26 morphometric measures and calculate six areas, obtaining 22 ecomorphological rates. We used Canonical Variate Analysis (CVA) and a paired Hotelling's test to evidence ecomorphological differences between the specimens. Japira stream's population of *A. aff. paranae* presented statistical difference when compared with Biguaçu stream by the analysis of paired comparisons. The ecomorphological differences between *A. aff. paranae*'s population of Jurema and Japira and Biguaçu's population may be related with the biogeographical characteristics of each river basin. Furthermore, particularities provided by the environmental quality as biotic and abiotic interactions may influence, even that slightly, the ecological differences among each organism.

Keywords: streams, Ivaí river, Paranapanema river, geographic isolation, environmental quality.

1. Introdução

Astyanax Baird & Girard, 1854 é composto por 142 espécies válidas (FROESE; PAULY, 2015) distribuídas desde o sul dos Estados Unidos até a Argentina (LIMA et al., 2003; CASCIOTTA et al., 2005), sendo, de acordo com Garavello e Sampaio (2010), o gênero com maior riqueza de espécies entre os Characiformes.

A descrição atual de *Astyanax* é baseada na proposta de Eigenmann (1917a, b; 1921) que é definida pelas seguintes características: duas fileiras de dentes pré-

maxilares, cinco dentes na série interna do pré-maxilar, linha lateral completa, nadadeira adiposa presente e nadadeira caudal nua. No entanto, essa descrição causa muitos problemas taxonômicos, pois de acordo com Lucena et al. (2013) todos esses caracteres também são compartilhados por outros gêneros de Characidae. Dessa forma, seu status taxonômico ainda não é muito claro e de acordo com filogenias recentes, *Astyanax* não representa um grupo monofilético (MIRANDE, 2010; JAVONILLO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011).

No presente destaca-se *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914, um pequeno caracídeo conhecido como lambari-dorabo-vermelho, cuja localidade tipo, de acordo com Garutti e Britski (2000) é um tributário do rio Paranapanema na bacia do alto rio Tibagi no município de Castro no Estado do Paraná. Além de sua localidade de descrição, esta espécie pode ser encontrada em vários rios das principais bacias no alto rio Paraná (GRAÇA; PAVANELLI, 2007), ocorrendo em riachos com corredeiras, águas claras e leito rochoso (MARCENIUK; HILSDORF, 2010). Além disso, apresenta dieta variada se alimentando predominantemente de insetos (terrestres e aquáticos), oligoquetas, algas, folhas, frutos e sementes (GODOY, 1975; FERREIRA, 2004). Quanto ao aspecto reprodutivo, *A. paranae* apresenta dimorfismo sexual, sendo as fêmeas mais robustas que os machos (EIGENMANN, 1914; GODOY, 1975), e no período de reprodução, de agosto à fevereiro, realizam migrações curtas e não apresentam cuidado parental (SUZUKI et al., 2004).

Graça e Pavanelli (2007) também comentam que esta espécie apresenta ampla distribuição em diversas bacias da América do Sul e que em alguns locais do alto rio Paraná pode na verdade constituir uma espécie nova. Esta hipótese levantada tem como base a discussão proposta por Moreira Filho e Bertollo (1991) que argumentam que esta espécie faz parte de um complexo de espécies chamado "*Astyanax scabripinnis*". Desta forma Lima et al. (2003) e Graça e Pavanelli (2007) também expressam a possibilidade de restrição dessa espécie apenas para a região sul do Brasil. Esta discussão por muitas vezes é baseada em pequenas variações morfológicas e cromossômicas da espécie que podem ter sido influenciadas pelo meio em que vivem. Neste sentido, análises ecomorfológicas procuram explicar a relação entre a morfologia e os aspectos ecológicos dos organismos em um determinado espaço e tempo (PERES-NETO, 1999).

Com base nestes questionamentos sobre a variação morfológica de *A. aff. paranae* e a influência das características ambientais como disponibilidade de recursos, diversidade de *habitats* e várias outras, e como estas podem selecionar atributos específicos dos organismos, testou-se a seguinte hipótese: as populações de *A. aff. paranae* contidas em sub-bacias hidrográficas diferentes (bacia do rio Tibagi, Pirapó e Ivaí) exibem características ecomorfológicas distintas? Neste sentido objetivou-se analisar a ecomorfologia de *A. aff. paranae* oriundos de três córregos pertencentes a três diferentes sub-bacias hidrográficas inseridas no alto rio Paraná.

2. Materiais e Métodos

Área de estudo

As áreas escolhidas para amostragem de espécimes de *A. aff. paranae* localizam-se no município de Apucarana centro-norte do estado do Paraná. Os espécimes coletados pertencem a três córregos que fluem para distintas sub-

bacias hidrográficas: Jurema, Biguaçu e Japira (Figura 1). Estes córregos possuem características ambientais diferentes como cobertura vegetal, fluxo de água, quantidade de rochas e sedimento e presença de efluentes a montante, médio curso e jusante, locais estratégicos para o estabelecimento dos pontos de coleta. Dessa forma, foram amostrados três pontos (montante, médio curso e jusante) em cada córrego, totalizando nove trechos de amostragem.

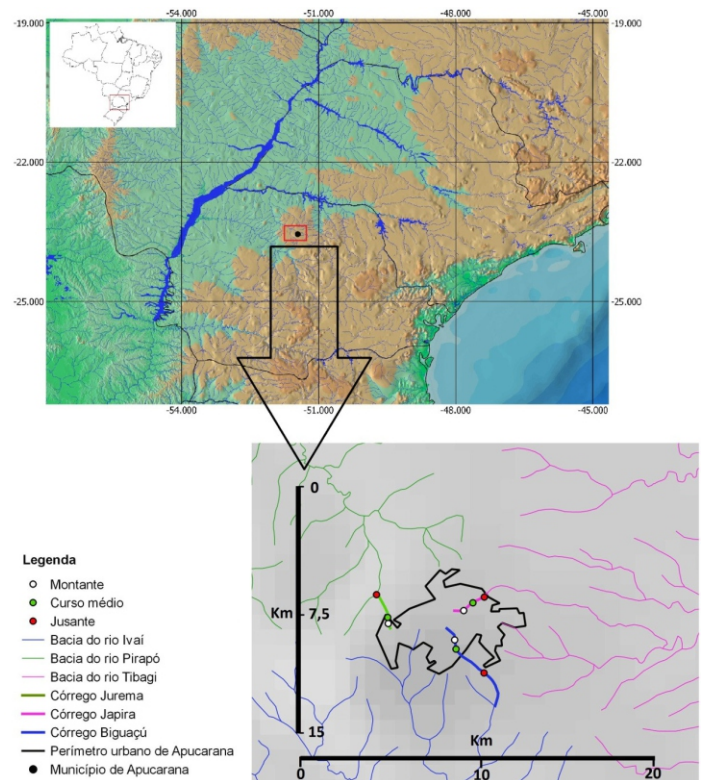


Figura 1. Mapa da área de amostragem com os pontos de coletas, bacias hidrográficas e córregos no município de Apucarana, localizado no Estado do Paraná, região sul do Brasil.

O córrego Jurema pertence a bacia do rio Pirapó, sendo este um afluente do rio Paranapanema, de modo que o trecho de montante ($23^{\circ}33'18.61''\text{S}/51^{\circ}29'12.51''\text{O}$) possui baixa densidade de mata ciliar em dimensão lateral com residências próximas às margens e fluxo de água que se alterna em corredeiras intercaladas por remansos com grande quantidade de rochas e pouca quantidade de sedimento fino. O médio curso ($23^{\circ}33'4.35''\text{S}/51^{\circ}29'13.89''\text{O}$) tem margens com ampla densidade de mata ciliar nas dimensões lateral e longitudinal e não apresenta residências muito próximas às suas margens, possuindo fluxo de água em regiões de corredeiras com poucos remansos e leito com rochas grandes e ausência de sedimento. Já o trecho de jusante ($23^{\circ}32'15.82''\text{S}/51^{\circ}29'30.67''\text{O}$), insere-se em área rural, logo é ausente de residências no entorno, possuindo extensa mata ciliar nas margens com fluxo de água bastante diversificado entre corredeiras, remansos e poços; o leito é composto por seixos, rochas grandes e pequenas e sedimento fino.

O córrego Biguaçu pertence a bacia do rio Ivaí, sendo que o trecho de montante ($23^{\circ}33'51.81''\text{S}/51^{\circ}27'12.48''\text{O}$) possui margens próximas a residências com baixa

cobertura de mata ciliar em dimensão lateral, mas que em dimensão longitudinal o cobre por toda extensão; o fluxo de água atravessa cachoeiras e remansos, sendo o leito constituído por grande quantidade de rochas de diversos tamanhos, algumas localidades apresentam sedimento fino. No médio curso (23°34'6.68"S/51°26'49.02"O), o córrego apresenta densa mata ciliar tanto em sentido lateral como longitudinal, fluxo de água predominantemente formando corredeiras com locais que formam poços e o leito compõe-se de rochas diversificadas quanto ao tamanho. Em relação ao trecho de jusante (23°34'52.87"S/51°25'56.79"O), também é composto por densa mata ciliar com fluxo de água com corredeiras, remansos e poços, além de possuir leito diversificado com seixos formados pela presença de rochas grandes e pequenas, de modo que em alguns locais de remanso ocorre a presença de sedimento fino. É importante salientar que da nascente até o trecho de montante ocorre despejo de resíduos domésticos pela população local.

O córrego Japira pertence a bacia do rio Tibagi que também deságua no rio Paranapanema, sendo que as características dos trechos amostrados são as seguintes: no trecho de montante (23°32'58.45"S/51°26'40.45"O) as margens se encontram em área urbana com residências, indústrias e escolas, logo possui mata ciliar bastante degradada e solo instável na margem; o fluxo de água apresenta-se em remansos com grande quantidade de lama e gramíneas, além de algumas localidades possuírem somente uma superficial camada de água com leito compacto. No trecho de médio curso (23°32'43.80"S/51°26'19.95"O) as margens também contêm residências com gramíneas em toda extensão; o fluxo de água é formado de poços e remansos com leito contendo grande quantidade de pequenas rochas com bastante sedimento fino. Por último, o trecho de jusante (23°32'39.55"S/51°26'7.18"O) apresenta margem direita em área residencial e margem esquerda em áreas de pecuária composta em grande parte por gramíneas; o fluxo de água alterna-se entre corredeiras e poços e apresenta leito com presença de pequenas rochas.

Souza et al. (2013) estabeleceram qualidades ambientais aos trechos de montante, médio curso e jusante dos córregos aqui amostrados, de maneira que consideraram a diversidade de *habitats* da seguinte forma: no córrego Jurema a montante encontra-se como ambiente alterado, enquanto que seu médio curso e a jusante apresentam-se naturais, exibindo degradação ambiental e impactos ecológicos parciais; no córrego Biguaçu a montante encontra-se impactada, já o médio curso e a jusante apresentam-se naturais, com ambientes que não exibem degradação ambiental ou influência antrópica em grande parte de seu percurso; e no córrego Japira a montante encontra-se como ambiente impactado ao passo que o médio curso e a jusante apresentam-se alterados, apresentando impactos ecológicos evidentes em todo seu percurso.

Amostragem

Para a coleta dos exemplares de *A. aff. paranae* foram utilizadas peneiras de 1,0 x 0,50 m e malhas de 3,0 mm em campanhas trimestrais executadas no período de janeiro à novembro de 2012. A licença de coleta foi adquirida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (Número 33448-1). Logo após coletados os espécimes foram anestesiados em cloridrato de benzocaína diluído em água (100 mL / 15 L), mortos, fixados em formaldeído 10% e conservados em álcool 70° GL.

Análise de dados

Para a análise das diferenças ecomorfológicas foram utilizados 15 exemplares de *A. aff. paranae* de cada córrego, de maneira que em cada um foram tomadas 26 medidas morfométricas e calculadas seis áreas corporais. As medidas foram realizadas no lado esquerdo do corpo de cada espécime, com a utilização de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, e as áreas foram obtidas através do desenho do contorno das estruturas e em seguida digitalizadas e calculadas no software AUTO CAD 2009.

As medidas morfométricas foram: Comprimento Total (CT), Comprimento Padrão (CP), Altura Máxima do Corpo (AIMCp), Altura Média do Corpo (AIM), Largura Máxima do Corpo (LMCp), Comprimento do Pedúnculo (CPd), Altura do Pedúnculo (AIPd), Comprimento da Caudal (CC), Altura da Caudal (AIC), Comprimento da Dorsal (CD), Altura da Dorsal (AID), Comprimento da Anal (CA), Altura da Anal (AIA), Comprimento da Peitoral (CPt), Altura da Peitoral (AIPt), Comprimento da Pélvica (CPv), Altura da Pélvica (AIPv), Comprimento da Cabeça (CCb), Altura da Cabeça (AICb), Largura da Cabeça (LCb), Altura Média do Olho (AIO), Altura Máxima da Boca (AlBo), Largura Máxima da Boca (LBo), Comprimento do Focinho com a boca Aberta (CFA) e Comprimento do Focinho com a boca Fechada (CFF). Já as áreas calculadas foram Área da nadadeira Dorsal (AD), Área da nadadeira Anal (AA), Área da nadadeira Caudal (AC), Área da nadadeira Peitoral (APt), Área da nadadeira Pélvica (APv), e a Área do Olho (AO).

Após a obtenção dos dados, foram calculados 22 índices ecomorfológicos com base nos valores de áreas e medidas corporais. Estas proporções servem para controlar o efeito do tamanho dos indivíduos e evidenciar formas e estruturas corporais (WINEMILLER, 1991). Tais índices foram calculados de acordo com as metodologias de Gatz (1979), Winemiller (1991), Mazzoni et al. (2010), Oliveira et al. (2010) e Pagotto et al. (2011).

Para evidenciar diferenças ecomorfológicas entre os espécimes foi realizada uma Análise de Variáveis Canônicas (AVC). Esta análise produz uma separação máxima entre todos os grupos, sendo que os eixos são combinações lineares das variáveis originais e seus valores evidenciam a quantidade de variação explicada por cada eixo. Posteriormente, foi realizado um teste

“post hoc” de comparações pareadas de *Hotelling* entre as populações de *A. aff. paranae* para testar a significância das diferenças. Todas as análises foram realizadas no software PAST versão 2.03 (HAMMER et al., 2001).

3. Resultados e Discussão

Na análise das variáveis canônicas os índices que mais explicaram as variações ecomorfológicas entre as populações de *A. aff. paranae*, foram encontrados no eixo “AVC1”, com 99,67% da variância (Tabela 1, Figura 2). Neste eixo, os índices que foram mais representativos com valores positivos foram: Área Relativa da Nadadeira Peitoral (0,052), Altura Relativa da Boca (0,044), Razão Aspecto da Nadadeira Caudal (0,041), Área Relativa da Nadadeira Caudal (0,041). Já com valor negativo o índice mais representativo no mesmo eixo foi a Razão Aspecto da Nadadeira Pélvica (-0,002).

Tabela 1. Valores dos índices ecomorfológicos nas populações de *Astyanax aff. paranae*. Números em negrito representam os valores que influenciaram a separação das populações.

| Índices | AVC1 | AVC2 |
|---|------------------|------------------|
| Wilks' lambda= 0,00000000000000010; F= 308000000; p<0,05 (1,118E-167) | | |
| Autovalores | 2330000000 | 7704000 |
| Variância | 99,67 | 0,33 |
| Índice de compressão (IC) | 0,031897 | 0,012737 |
| Índice de depressão (ID) | 0,035796 | 0,005289 |
| Comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPD) | 0,028105 | -0,009887 |
| Altura relativa do pedúnculo caudal (ALRPD) | 0,036457 | 0,012777 |
| Largura relativa do pedúnculo caudal (LRPD) | 0,021096 | 0,019203 |
| Comprimento relativo da cabeça (CRCB) | 0,029076 | 0,011842 |
| Altura relativa da cabeça (ALRCB) | 0,029401 | 0,012044 |
| Largura relativa da cabeça (LRCB) | 0,029931 | 0,013480 |
| Altura relativa da boca (ALRBO) | 0,044790 | -0,005129 |
| Largura relativa da boca (LRBO) | 0,024420 | -0,011255 |
| Índice de protrusão (IP) | 0,035846 | 0,0050371 |
| Posição vertical do olho (PVO) | 0,024337 | 0,026039 |
| Área relativa do olho (AO) | 0,016530 | 0,032602 |
| Razão aspecto da nadadeira pélvica (RAPV) | -0,002374 | 0,007632 |
| Área relativa da nadadeira pélvica (ARPV) | 0,068500 | 0,019705 |
| Área relativa da nadadeira dorsal (ARD) | 0,031793 | 0,027455 |
| Área relativa da nadadeira caudal (ARC) | 0,041694 | -0,021634 |
| Razão aspecto da nadadeira caudal (RAC) | 0,041694 | -0,021634 |
| Área relativa da nadadeira anal (ARA) | 0,034241 | 0,035652 |
| Razão aspecto da nadadeira anal (RAA) | 0,025965 | 0,010615 |
| Área relativa da nadadeira peitoral (ARPT) | 0,052130 | 0,022226 |
| Razão aspecto da nadadeira peitoral (RAPT) | 0,006915 | -0,002656 |

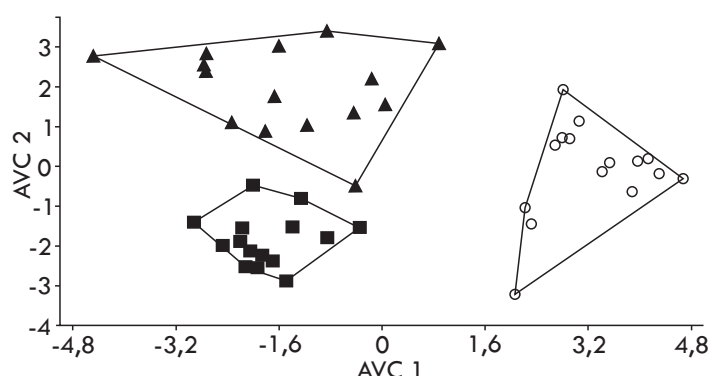


Figura 2. Distribuição dos escores na Análise das Variáveis Canônicas entre as populações de *Astyanax aff. paranae*. Triângulo= córrego Jurema; quadrado= córrego Japira; círculo= córrego Biguaçu.

Na análise de comparações pareadas de *Hotelling* entre as populações de *A. aff. paranae* nos córregos amostrados, apenas entre as populações dos córregos Japira e Biguaçu houve diferenças estatisticamente significativas (Tabela 2). Contudo, a população do córrego Jurema foi a que exibiu maior variabilidade morfológica, em relação às populações dos outros córregos, não apresentando diferenças significativas entre as outras populações, mas facilmente visualizada pela distribuição dos escores de seus indivíduos (Figura 2).

Tabela 2. Comparações pareadas de *Hotelling* entre as populações de *Astyanax aff. paranae* na bacia do alto rio Paraná. Números em negrito representam valores significativos.

| | JAPIRA | JUREMA | BIGUAÇÚ |
|----------------|--------------|--------|--------------|
| JAPIRA | - | 0,088 | 0,002 |
| JUREMA | 0,266 | - | 0,122 |
| BIGUAÇÚ | 0,008 | 0,368 | - |

Os indivíduos do córrego Biguaçu, com base nos índices área relativa da nadadeira caudal, razão aspecto da nadadeira caudal, área relativa da nadadeira peitoral, área relativa da nadadeira pélvica e altura relativa da boca, apresentam características de nadadores contínuos (GOSLINE, 1971; PAULY, 1989; BREDA et al., 2005) com alta capacidade de aceleração (GOSLINE, 1971; BREDA et al., 2005), realizando movimentos rápidos (GATZ JR., 1979), forrageando regiões mais bentônicas (VIDELER, 1993; BREDA et al., 2005), em relação às outras populações, e capturam presas relativamente grandes (GATZ Jr., 1979). Já os representantes dos córregos Jurema e Japira, de acordo com os índices área relativa da nadadeira caudal, razão aspecto da nadadeira caudal, razão aspecto da nadadeira pélvica, área relativa da nadadeira pélvica e altura relativa da boca, possuem atributos como descontinuidade natatória com pausas durante a atividade de natação (GOSLINE, 1971; PAULY, 1989; BREDA et al., 2005), realizam movimentos lentos (GATZ JR., 1979; WATSON; BALON, 1984) e forrageiam presas menores (GATZ JR., 1979), principalmente, nas regiões pelágicas (VIDELER, 1993; BREDA et al., 2005) dos córregos.

As diferenças ecomorfológicas encontradas para as populações do córrego Biguaçu podem estar relacionadas com as características biogeográficas da cada bacia, pois o córrego Biguaçu é pertencente à bacia do rio Ivaí e os outros córregos à bacia do rio Paranapanema. Este isolamento pode ter propiciado as divergências morfológicas, promovendo similaridades nas populações contidas na mesma bacia e divergências entre populações oriundas de bacias distintas. Estas peculiaridades geográficas podem propiciar especializações nos organismos conforme as particularidades do ambiente (SOUZA; KLEPKA, 2013) e o tempo de isolamento da população (ALLAN; CASTILLO, 2007). Tal tendência é um reflexo do processo de vicariância que ocorre quando dado ancestral distribuído em áreas geográficas maiores

tem suas populações separadas geograficamente promovendo a formação de novas espécies por especiação alopátrica; fato que para Castro (1999) é responsável pelo endemismo de peixes em riachos.

Em relação às populações dos córregos Jurema e Japira houve uma visível tendência de divergência morfológica entre estas populações (Figura 2), porém estas não foram estatisticamente significativas (Tabela 2). Tal fato poderia ser explicado pelas qualidades ambientais distintas entre os dois córregos, nos quais o córrego Jurema apresenta qualificação de ambiente natural e o córrego Japira de ambiente impactado (SOUZA et al., 2013; 2014). Desta forma, as particularidades de cada ambiente, como as interações bióticas e abióticas providas pela qualidade ambiental de cada córrego podem ser influências, mesmo que de maneira discreta, frente às peculiaridades ecológicas de cada organismo (ALLAN; CASTILLO, 2007). Haja vista que a evolução é contínua em todos os ambientes e desta forma acelera a divergência entre as populações, ou seja, intensifica-se a formação de novas espécies já que estas evoluem uma em resposta à outra, seja por respostas às interações predador-presa, consumidor-recurso, hospedeiro-patógeno ou mutualismo (RICKLEFS, 2012).

Contudo, esta questão, qualidade ambiental e atributos ecomorfológicos, aparentemente não foi um fator limitante para esta espécie quando observado em um contexto geral e mais amplo, já que seus representantes apresentam um amplo espectro alimentar (considerados generalistas e oportunistas) e ocorrem em ambientes diferentes com características hidrodinâmicas distintas (ABELHA et al., 2006). Estas condições possibilitaram um grande sucesso na colonização da espécie em diferentes locais (CASTRO; ARCIFA, 1987; AGOSTINHO et al., 1999) e uma ampla distribuição geográfica (GOMES; AZEVEDO, 1960). Além disso, a sua grande plasticidade fenotípica (CARAMASCHI, 1986; MOREIRA-FILHO; BERTOLLO, 1991) assim como sua alta diversidade genotípica (SOUZA et al., 1995), proporcionaram uma elasticidade ecológica para esta espécie possibilitando-a sobreviver em diferentes ambientes e resistir a distintos tipos de pressões ambientais.

4. Conclusão

Em síntese, nossa hipótese inicial de que as populações de diferentes bacias hidrográficas exibem atributos ecomorfológicos distintos, foi parcialmente corroborada, tendo em vista que só houve diferenças estatisticamente significativas entre as populações dos córregos Japira e Biguaçu. Esta diferença aparentemente está relacionada com características biogeográficas das sub-bacias que estas populações estão inseridas, o que pode ter proporcionado entre estas um maior tempo de isolamento. Além disso, também pode-se observar uma tendência de separação entre todos os córregos, porém esta não é um resultado estatisticamente significativo, o que possibilita compreender que outros aspectos, além dos morfológicos, podem estar envolvidos, como atividades alimentares, comportamentais e outras métricas ecológicas que o presente estudo não contemplou e que podem ser explorados por futuros trabalhos.

5. Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Araucária, à CAPES e à Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de Mato Grosso pelo auxílio financeiro, à Coleção Ictiológica do Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) e à Universidade Estadual de Maringá.

6. Referências Bibliográficas

- ABELHA, M. C. F.; GOULART, E.; KASHIWAQUI, E. A. L.; SILVA, M. R. *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914 (Characiformes: Characidae) in the Alagados Reservoir, Paraná, Brazil: diet composition and variation. **Neotropical ichthyology**, v. 4, n. 3, p. 349-356, 2006.
- AGOSTINHO, A. A.; MIRANDA, L. E.; BINI, L. M.; GOMES, L. C.; THOMAZ, S. M.; SUZUKI, H. I. Patterns of colonization in Neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J. G.; STRAŠKRABA, M. (Ed.). **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos: International Institute of Ecology, 1999. p. 227-265.
- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. **Stream of ecology: structure and function of running waters**. 2 ed. Dordrecht: Springer, 2007.
- BREDA, L.; OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 27, n. 4, p. 371-381, 2005.
- CARAMASCHI, E. M. P. **Distribuição da ictiofauna de riachos das bacias do Tietê e do Paranapanema, junto ao divisor de águas (Botucatu, SP)**. 1986. 245 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de São Carlos/UFSCAR, São Carlos, 1986.
- CASCIOTTA, J. R.; ALMIRÓN, A. E.; AZPÉLIGUETA, M. M. *Astyanax pampa* (Characiformes, Characidae), a new species from the southernmost boundary of the Brazilian subregion, Argentina. **Revue suisse de Zoologie**, v. 112, n. 2, p. 401-408, 2005.
- CASTRO, R. M. C. Evolução da ictiofauna de riachos sul americanos: padrões gerais e possíveis processos casuais. In: CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R.; PERES-NETO, P. R. (Ed.). **Ecologia de Peixes de Riachos**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1999, p. 139-155.
- CASTRO, R. M. C.; ARCIFA, M. S. Comunidades de peixes de reservatórios no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47, n. 4, p. 493-500, 1987.
- EIGENMANN, C. H. Some results from studies of South American fishes. IV. New genera and species of South American fishes. **Indiana University Studies**, n. 20, 44-48, 1914.
- EIGENMANN, C. H. The American Characidae. Part 1. **Memoirs of Museum of Comparative Zoology**, n. 43, p. 1-102, 1917a.
- EIGENMANN, C. H. The American Characidae. Part 3. **Memoirs of the Museum of Comparative Zoology**, n. 43, 209-310, 1917b.
- FERREIRA, A. **Ecologia trófica de *Astyanax paranae* (Osteichthyes, Characidae) em córregos da bacia do rio Passa-cinco, Estado de São Paulo**. 2004. 56 f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo/USP, Piracicaba, 2004.
- FROESE, R.; PAULY, D. FishBase. Worldwide web electronic publication. 2014. Disponível em <http://www.fishbase.org> (Acessado em 06/03/2015).
- GARAVELLO, J. C.; SAMPAIO, F. A. A. Five new species of genus *Astyanax* Baird & Girard, 1854 from Rio Iguaçu, Paraná, Brazil (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n. 3, p. 847-865, 2010.
- GATZ JR., A. J. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tulane Studies in Zoology and Botany**, v. 21, n. 2, p. 91-124, 1979.
- GODOY, M. P. **Peixes do Brasil: subordem Characoidei, bacia do rio Mogi Guassu**. Piracicaba: Franciscana, 1975.
- GOMES, A. L.; AZEVEDO, P. Os peixes de Monte Alegre do Sul, Estado de São Paulo. **Papéis Avulsos do Departamento de Zoologia**, v. 14, p. 133-151, 1960.
- GOSLINE, W. A. **Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes**. Honolulu: University Press of Hawaii, 1971.
- GOSLINE, W. A. **Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes**. Honolulu: University Press of Hawaii, 1971.

- GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Static software package for education and data analysis. **Palaentologia Electronica**, v. 4, n.1, p. 9, 2001.
- JAVONILLO, R.; MALABARBA, L. R.; WEITZMAN, S. H.; BURNS, J.R. Relationships among major lineages of characid fishes (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes), based on molecular sequence data. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 54, n. 2, p. 498–511, 2010.
- LIMA, F. C. T.; MALABARBA, L. R.; BUCKUP, P. A.; SILVA, J. F. P.; VARI, R. P.; HAROLD, A.; BENINE, R.; OYAKAWA, O. T.; PAVANELLI, C. S.; MENEZES, N. A.; LUCENA, C. A.; MALABARBA, M. C. S. L.; LUCENA, Z. M. S.; REIS, R. E.; LANGEANI, F.; CASATTI, L.; BERTACO, V. A.; MOREIRA, C.; LUCINDA, P. H. F. Genera Incertae Sedis in Characidae. In: Reis, R. E.; KULLANDER, S. O.; JR. FERRARIS, C. J (Ed.). **Checklist of Freshwater Fishes of South and Central America**. 1 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003, p. 106-169.
- LUCENA, C. A. S.; BERTACO, V. A.; BERBIGIER, G. A new species of *Astyanax* from headwater streams of southern Brazil (Characiformes: Characidae). **Zootaxa**, v. 3700, n.2, p. 226-236, 2013.
- MARCENIUK, A. P.; HILSDORF, A. W. S. **Peixes: das cabeceiras do rio Tietê e Parque das Neblinas**. Bauru: Canal 6, 2010.
- MAZZONI, R.; MORAES, M.; REZENDE, C. F.; MIRANDA, J. C. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto Tocantins, Goiás, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 100, n. 2, p. 162-168, 2010.
- MIRANDE, J. M. Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, p. 385–568, 2010.
- MOREIRA-FILHO, O.; BERTOLLO, L. A. C. *Astyanax scabripinnis* (Pisces, Characidae): a species complex. **Brazilian Journal Genetics**, v. 14, p. 331-357, 1991.
- OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E.; BRED, L.; MINTE-VERA, C. V.; PAIVA, L. R. S.; VISMARA, M. R. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, p. 569-586, 2010.
- OLIVEIRA, C.; AVELINO, G. S.; ABE, K.; MARIGUELA, T.; BENINE, R.; ORTI, G.; VARI, R.; CASTRO, R. M. C. Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive in group sampling. **BMC Evolutionary Biology**, v. 11, p. 1–25, 2011.
- PAGOTTO, J. P. A.; GOULART, E.; OLIVEIRA, E. F.; YAMAMURA, C. B. Trophic ecomorphology of Siluriformes (Pisces, Osteichthyes) from a tropical stream. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, p. 469-479, 2011.
- PAULY, D. Food consumption by tropical and temperate fish populations: some generalizations. **Journal of Fish Biology**, v. 35, p. 11-20, 1989.
- PERES-NETO, P. R. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riacho. In: CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI, R.; PERES-NETO, P. R. **Ecologia de peixes de riachos. Oecologia Brasiliensis, vol. VI**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1999, p. 209-236.
- RIKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. Tradução de Pedro P. de Lima-e-Silva. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.
- SOUZA, I. L.; MOREIRA-FILHO, O.; BERTOLLO, L. A. C. Cytogenetic diversity in the *Astyanax scabripinnis* (Pisces, Characidae) complex. II. Different cytotypes living in sympatry. **Cytologia**, v. 60, p. 273-281, 1995.
- SOUZA, F.; ABREU, J. A. S.; SILVA, C. E.; GOUVEIA, A. A. Relação entre parâmetros ecológicos e qualidade ambiental em três córregos na bacia do alto rio Paraná. **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 101-110, 2013.
- SOUZA, F.; KLEPKA, V. Impactos ecológicos em um fragmento de mata Atlântica: uma abordagem macroecológica por meio de imagens. **Revista Diálogos & Saberes**, v. 9, n. 1, p. 95-107, 2013.
- SOUZA, F.; SANTOS, C. J.; TRAMONTE, R. P.; KLEPKA, V. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados em três córregos na bacia do alto rio Paraná: uma relação entre qualidade ambiental e parâmetros ecológicos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 7, n. 2, p. 413-427, 2014.
- SUZUKI, H. I.; VAZZOLER, A. E. A. M.; MARQUES, E. E.; LIZAMA, M. A. P.; INADA, P. Reproductive ecology of the fish assemblage. In: THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation**. Leiden: Backhuys Publishers, 2004, p. 271-292.
- VIDELER, J. J. **Fish swimming**. The Netherlands: Chapman & Hall, 1993.
- WATSON, D. J.; BALON, E. K.. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **Journal of Fish Biology**, v. 25, p. 371-384, 1984.
- WINEMILLER, K. O. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. **Ecological Monographs**, v. 61, n. 4, p. 343-365, 1991.